



**Республиканская олимпиада по химии**  
*Заключительный этап (2021-2022). Практический тур.*  
*Официальный комплект заданий 10 класса*

## Регламент олимпиады:

Перед вами находится комплект задач республиканской олимпиады 2022 года по химии. **Внимательно** ознакомьтесь со всеми нижеперечисленными инструкциями и правилами. У вас есть **5 астрономических часов (300 минут)** на выполнение заданий олимпиады. Ваш результат – сумма баллов за каждую задачу, с учетом весов каждой из задач.

Вы можете решать задачи в черновике, однако, не забудьте перенести все решения на листы ответов. Проверяться будет **только то, что вы напишете внутри специально обозначенных квадратиков**. Черновики проверяться **не будут**. Учтите, что вам **не будет выделено** дополнительное время на перенос решений на бланки ответов.

Вам **разрешается** использовать графический или инженерный калькулятор.

Вам **запрещается** пользоваться любыми справочными материалами, учебниками или конспектами.

Вам **запрещается** пользоваться любыми устройствами связи, смартфонами, smart-часами или любыми другими гаджетами, способными предоставлять информацию в текстовом, графическом и/или аудио формате, из внутренней памяти или загруженную с интернета.

Вам **запрещается** пользоваться любыми материалами, не входящими в данный комплект задач, в том числе периодической таблицей и таблицей растворимости. На **странице 3** предоставляем единую версию периодической таблицы.

Вам **запрещается** общаться с другими участниками олимпиады до конца тура. Не передавайте никакие материалы, в том числе канцелярские товары. Не используйте язык жестов для передачи какой-либо информации.

За нарушение любого из данных правил ваша работа будет **автоматически** оценена в **0 баллов**, а прокторы получат право вывести вас из аудитории.

На листах ответов пишите **четко и разборчиво**. Рекомендуется обвести финальные ответы карандашом. **Не забудьте указать единицы измерения (ответ без единиц измерения будет не засчитан)**. Соблюдайте правила использования числовых данных в арифметических операциях. Иными словами, помните про существование значащих цифр.

Если вы укажете только конечный результат решения без приведения соответствующих вычислений, то Вы получите **0 баллов**, даже если ответ правильный.

Решения этой олимпиады будут опубликованы на сайте [www.qazcho.kz](http://www.qazcho.kz)

Рекомендации по подготовке к олимпиадам по химии есть на сайте [www.kazolymp.kz](http://www.kazolymp.kz).

**Заключительный этап республиканской олимпиады по химии 2021-2022.**  
**Задания практического тура. 10 класс.**

1																		18							
1 H 1.008		2																13		14	15	16	17	2 He 4.003	
3 Li 6.94		4 Be 9.01																5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18		
11 Na 22.99		12 Mg 24.31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95							
19 K 39.10		20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.63	33 As 74.92	34 Se 78.97	35 Br 79.90	36 Kr 83.80							
37 Rb 85.47		38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.95	43 Tc -	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3							
55 Cs 132.9		56 Ba 137.3	57-71	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po -	85 At -	86 Rn -							
87 Fr -		88 Ra -	89-103	104 Rf -	105 Db -	106 Sg -	107 Bh -	108 Hs -	109 Mt -	110 Ds -	111 Rg -	112 Cn -	113 Nh -	114 Fl -	115 Mc -	116 Lv -	117 Ts -	118 Og -							

57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm -	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0
89 Ac -	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -

## Задание №1.

Пункт	1.1	1.2	1.3	Всего	Вес (%)
Макс.	3	3	9	15	15

В десяти пронумерованных пробирках находятся неорганические соли, основания и кислоты. С помощью данного сайта вы можете узнать результаты экспериментов, которые вы могли бы проводить для расшифровки веществ. Считайте, что любая реакция протекает так: к веществу, выбранному вами как “1”, прибавляется вещество “2” и сообщаются наблюдения при добавлении равных объемов веществ. Если отмечена галочка «избыток вещества “2”», второе вещество добавляется в значительном избытке. В качестве катионов в растворе могут присутствовать ионы водорода, аммония, натрия, серебра, кальция, магния, цинка, бария, свинца, меди (II), марганца (II), железа (II), железа (III), хрома (II), хрома (III) и алюминия. В качестве анионов могут присутствовать – гидроксид-, нитрат-, хлорид-, бромид-, йодид-, карбонат-, сульфид-, сульфит-, сульфат-, метасиликат-, гидрофосфат-, хромат-, и дихромат- ионы.

1. **Нарисуйте** практическую матрицу (используя следующие обозначения: образование осадка ↓<sub>цвет</sub>, растворение осадка и образование растворимых комплексов <sub>раст</sub>↓, выделение газов ↑)
2. **Нарисуйте** теоретическую матрицу (используя те же обозначения, что и для практической матрицы)
3. **Запишите** формулы соединений, находящихся в каждой пробирке

## Задание №2. Разделяй и властвуй

2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	Всего	Вес (%)
1	2	2	2	1.5	3.5	1	13	15

“Разделяй и властвуй” – гласит знаменитый принцип государственного управления. Однако, принципы разделения используются не только в социоэкономическом контексте, но и в химии. Одним из распространенных методов разделения веществ, применяемый как в промышленности, так и в лаборатории, является жидкостная экстракция, о которой и пойдет речь в данной задаче.

При проведении жидкостной экстракции растворенное вещество переходит из одной фазы в другую (чаще всего из водной в органическую или наоборот). Для количественного описания экстракции используют константу распределения  $K_{ex}$  (часто можно встретить обозначение  $K_D$ , однако в рамках данной задачи мы будем обозначать ее  $K_{ex}$  во избежание путаницы с другими константами), равной соотношению концентрации экстрагируемого вещества в одной фазе к его концентрации в другой.

Например,  $K_{ex} = \frac{[A]_{org}}{[A]_{aq}}$  для равновесия  $A_{(aq)} \rightleftharpoons A_{(org)}$ , где  $aq$  = aqueous = водный слой и  $org$  = organic = органический слой.

Если же вещество  $A$  представлено в нескольких формах (например, в виде комплекса или димера) в водной и/или органической фазе, то для количественного описания экстракции используют коэффициент распределения  $D$ , равный суммарной концентрации всех форм экстрагируемого вещества в одной фазе к тому же значению в другой фазе:

$$D = \frac{C(HA_{org})}{C(HA_{aq})} \quad (1)$$

Еще одним показателем экстракции является степень извлечения  $R$ , представляющая собой мольную долю (%) проэкстрагированного в органическую фазу вещества (во всех формах) от его общего изначального количества (тоже во всех формах):

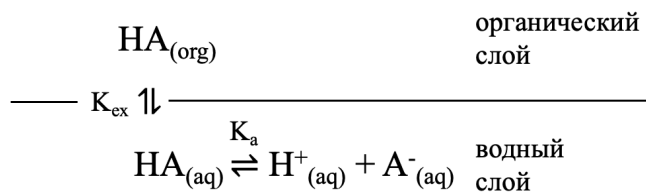
$$R = \frac{n_{org}}{n_0} = \frac{D}{D + \frac{V_{aq}}{V_{org}}} \quad (2)$$

Примечание: для решения данной задачи придерживайтесь обозначения, указанного в условии выше.

1. Покажите, как выражение (2) можно математически вывести, используя выражение (1)

Жидкостную экстракцию применяют, например, для выделения карбоновых кислот из водной фазы. При этом карбоновые кислоты в водном слое подвергаются диссоциации. Общую схему данного процесса можно описать следующим образом:

**Заключительный этап республиканской олимпиады по химии 2021-2022.**  
**Задания практического тура. 10 класс.**



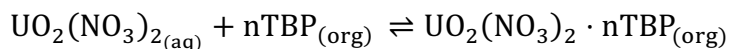
2. Выведите выражение для расчета коэффициента распределения  $D$  в данной системе. Ответ выразите через  $K_{\text{ex}}$ ,  $K_a$  и  $[\text{H}^+]$ . Считайте, что  $\text{pH}$  водной фазы поддерживается постоянным при помощи буферного раствора.

50 мл водного раствора слабой кислоты  $\text{HA}$  проэкстрагировали 100 мл органической растворителя. Константа диссоциации кислоты равна  $3 \cdot 10^{-5}$ , а константа распределения для данной экстракции равна  $1.5 \cdot 10^3$

3. Вычислите значение  $\text{pH}$ , которое необходимо обеспечить в водном слое, чтобы степень данной экстракции составила не менее 99.9%
4. При тех же условиях, что и в предыдущем пункте, как повлияет (приведет к увеличению/уменьшению/не изменится) на степень экстракции:
- разбавление водного раствора кислоты  $\text{HA}$
  - использование равного объема органической фазы
  - добавление небольшого количества  $\text{HClO}_4$  к водному раствору кислоты  $\text{HA}$
  - добавление небольшого количества  $\text{NaOH}$  к водному раствору кислоты  $\text{HA}$ ?

Кратко поясните свой выбор.

Другим важным применением жидкостной экстракции является экстракция уранила при переработке ядерного топлива. В данном технологическом процессе уран (чаще всего в виде оксидов) путем растворения в азотной кислоте переводят в форму уранил-иона, который в дальнейшем экстрагируют при помощи керосина с добавленным трибулфосфатом (ТВР). Трибутилфосфат служит в качестве лиганда, помогающим уранил-иону перейти в органическую фазу. Суммарно уравнение данного процесса можно описать следующим образом:



Поскольку комплекс уранила с трибулфосфатом  $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot n\text{TBP}$  в водном слое практически количественно экстрагируется в органический слой, можно считать, что его концентрация в водной фазе незначительна, и единственной формой урана в водной фазе является  $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_{2(\text{aq})}$

5. Выразите коэффициент распределения  $D$  для данной экстракции через концентрации соответствующих частиц. Запишите выражение для константы равновесия  $K_{\text{ex}}$  вышеописанной реакции, а также зависимости  $\log_{10} D$  от  $K_{\text{ex}}$ ,  $n$  и  $[\text{TBP}]_o$  (равновесная концентрация ТВР в органическом слое).

Для определения  $n$  – количества молекул ТВР, связывающихся с одним ионом уранила – была проведена серия экстракций с одним и тем же исходным раствором уранила

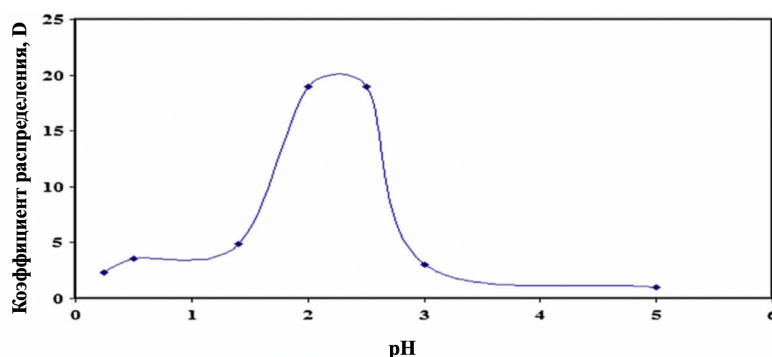
**Заключительный этап республиканской олимпиады по химии 2021-2022.**  
**Задания практического тура. 10 класс.**

одинакового объема с равным объёмом керосина, но разной концентрацией ТВР. По окончании каждой экстракции измеряли концентрацию ТВР в органическом слое, а также степень экстракции уранила. Данные эксперимента приведены в таблицы ниже.

Номер эксперимента	$[ТВР]_o$ после экстракции	Степень извлечения, R
1	0.190	40.0%
2	0.329	67.5%
3	0.580	86.9%
4	0.822	93.2%
5	1.12	96.3%

6. Используя данные таблицы, вычислите  $n$ .

Ниже представлена зависимость коэффициента распределения  $D$  экстракции уранила от кислотности водной фазы.



7. Объясните, почему коэффициент распределения  $D$  начинает уменьшаться после  $pH \approx 2.5$ .